

콘크리트타설에서 컴퓨터지원에 의한 장비선택방법

— 전문가 시스템으로 비전문가도 고도의 의사결정이 가능 —

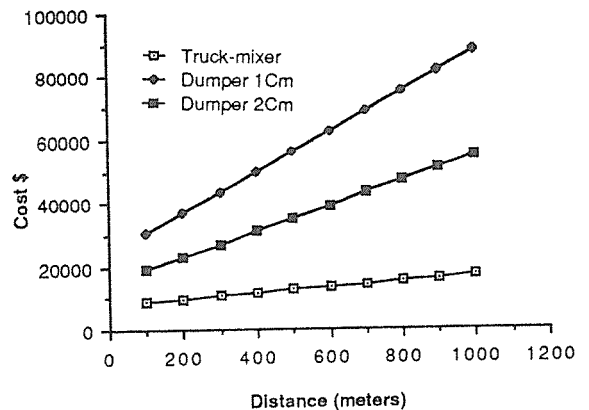
캐나다의 Concordia대학의 Sabah Alkass교수 팀은 콘크리트 타설작업시에 작업위치, 기후조건, 작업환경, 사회적 구조에 따라서 최소의 비용으로 최대의 이익을 얻기 위해서 필요한 장비선택방법에 대한 전문가시스템(Expert System)을 개발하였다.

콘크리트 타설작업중에는 콘크리트의 품질은 시방서에 명시되어 있지만, 작업과정과 장비선택 등은 시방내용에 포함되지 않는 경우가 많고 대체로 그 선택의 폭도 넓은 편이다. 그래서 가장 효과적이고 경제적으로 작업을 마치기 위해서는 타설작업중의 복잡한 의사결정사항이 많이 돌출하게 된다. 이러한 경우에 이 분야의 비전문가라 할지라도 쉽게 전문가 수준의 의사결정을 내릴 수 있도록 하자는게 개발시스템의 목표이다.

대개의 콘크리트 타설작업에서는 품질관리와 장비의 적절한 선택이 공사비 절감의 주요 현안이 되고 있다. 그러기 위해서는 이와 더불어 수송, 타설, 마무리작업에 대한 사전지식이 있어야 하고, 재료비, 노무비, 장비비 등의 종합적인 관리 능력이 뒤따라야 한다. 인공지능의 한 분야인 이 전문가시스템은 그러한 모든 지식을 데이터베이스로 저장하고 전문가의 관

단과 같은 결정을 내리도록 알고리즘을 구성하고 있다. 만약 관리자가 비전문가라 할지라도 그때그때 필요한 결정사항을 컴퓨터에 물어볼 수 있고, 필요한 경우 상세한 설명도 컴퓨터가 대신 해주게 된다.

관리자는 단지 컴퓨터가 요구하는 일반적인 질문과 제한조건, 즉 현장특성, 기후조건, 시공장소, 시방사항, 보유장비 등에 대해서 컴퓨터와 대화를 통해서 지식을 교환하게 된다. 예를 들어서 타설할 콘크리트의 총량이 10,000m³이고, 사용가능한 장비가 덤퍼(dumper)와 트럭믹서, 최대수송거리 1km, 작업기간 4주, 주5일 작업에 하루 8시간 작업의 가정하에서 덤퍼와 트럭믹서 중에서 어떤 장비를 사용하는 것이 경제적인가 하는 문제등은 쉽게 컴퓨터를 통해서 해답을 얻게 된다. 위의 경우에 대한 해석은 <表 1>, <그림 1>와 같이 전문가시스템에서 제공해 주게되고, 이때는 트럭믹서를 사용하는 것이 경제적임을 알 수 있다.



<그림 1> 트럭믹서와 덤퍼의 거리에 따른 비용 해석 결과

〈表 1〉 트럭믹서와 덤퍼의 해석과정.

	Dumpers	Truck mixers
Average speed	15 km/hr	25 km/hr
Loading, turning and dumping time	3 min.	4 min
Labor cost(average)	30 \$/hr	30 \$/hr
Distance traveled	d km	d km
Travelling time (2d x 60/speed)	8d min.	4.8d min.
Total cycle time	(8d+3)min.	(4.8d+4)min.

(Concrete International, Dec., 1990, pp. 39-45.)

변하지 않고 수개월 후에 탈색된다. 가격은 1명당 3,300엔이다.

또 균열부위를 조사한 후, 보수가 필요한 부분에는 「crack repair」를 사용하게 되는데, 매분 약 1cm³의 속도로 균열내부에 가압주입하는 방법이다. 이것은 공기중의 수분과 반응하여 고무狀의 탄성체로 경화하게 된다. 充塡性, 콘크리트와의 부착성, 撥水性, 耐侯性이 우수한 것 이외에도 시공이 간단하고 확실한 점이 특징이다. 가격은 1명당 5,400엔이라 한다.

〈日刊建役工業新聞(日本), 1990. 12. 26〉

콘크리트 廢材의 새로운 再生技術

획기적인 콘크리트 균열대책

日本 小林産業은 콘크리트의 균열깊이, 균열 정도를 정확히 파악할 수 있는 스프레이방식의 「Crack Checker」라는 상품과 균열을 간단하고도 확실하게 充塡시켜 보수하는 「Crack repair」를 개발하였다. 업계에서는 이 두가지 제품을 획기적인 것으로 평가하고 있는데, 올해 2월 중에 발매 예정으로 있다.

「Crack Checker」는 표면장력이 없고, 콘크리트내부의 수산화칼슘 등의 강알칼리에도 반응하지 않는 화학적으로 안정된 방향족계의 혼합용제에 적색염료를 용해시킨 것이다. 이것을 균열 부위에 스프레이 방식으로 분사시켜 이 용제가 내부에 침투하여 내벽이나 공극부를 적색으로 착색하게 만든다. 그런 다음에 코어를 채취하거나 간단한 드릴로 구멍을 뚫어보면 균열깊이나 균열의 정도를 쉽게 파악할 수 있게 되는 것이다. 여기서 사용하는 적색염료는 물에 녹지 않는데, 시간이 경과해도 색이

콘크리트구조물을 해체하고 나면 철근과 나무, 그리고 콘크리트 덩어리의 건설 폐재의 처리가 큰 문제가 된다. 현재 日本에서는 연간 콘크리트폐재가 3,000~4,000만톤으로 추정되는데, 그 중에서 일부분이 성토나 매립용으로 재이용되고 나머지 대부분이 매립지에서 폐기 처분되고 있다.

그러나 대도시에서는 콘크리트폐재를 처분할 매립지를 구하기가 쉽지 않을 뿐더러 매립지가 대개는 멀리 떨어져 있어 상당한 비용이 들게 된다. 그래서 현장이나 가까운 장소에서 철근이나 목재를 제거한 후, 굵은 골재와 잔골재를 콘크리트용 골재로 재사용할 수 있도록 재생기술을 개발하는 것이 시급하다.

일본에서 콘크리트폐재를 매립장에 처분하는데 드는 비용은 톤당 3,000円~5,000円 정도 이고 시판되고 있는 골재 가격은 1,000円/t 정도로 廢콘크리트로부터 고품질의 재생골재를 만드는데는 시판 골재 가격보다 많은 비용이 들게 된다. 그러나 재생골재의 생산코스트가 시

판 되고 있는 골재의 가격 1,000円/t에 매립처분에 드는 비용을 합한 4,000円~6,000円/t 이하이면 일단 가능성이 있다고 봐야 할 것이다.

日本 大阪市立大學 토목공학과 本多淳裕교수는 콘크리트폐재를 100% 재이용 방안을 연구하면서 폐재 속의 골재를 거의 완벽하게 재사용할 수 있는 방법을 개발하여 주목받고 있다. 비교적 간단한 장치를 이용하여 양질의 골재를 분리회수하는 이 시스템의 요점은 다음과 같다.

① 해체현장에서 배출되는 콘크리트폐재의 파쇄과정을 간략화한다. 먼저 해체현장에서 500mm정도의 콘크리트 덩어리를 운반하여 40mm정도의 작은 덩어리가 되도록 간단한 장치를 이용하여 분쇄한다.

② 굵은 골재의 분리를 위해서는 회전하는 해머나 회전팔을 이용한 기계를 사용할 수도 있지만, 콘크리트 덩어리가 서로 부딪치게 함으로써 콘크리트가 파쇄되도록 기계장치를 만든다. 이러한 파쇄방법은 여러가지 검토결과 단순한 기계식에 의한 파쇄보다 시멘트부착율이나 수분흡수율이 보통의 골재와 거의 동등한 골재를 얻게 된다는 것이다.

③ 기계장치는 증으로 설치한 원통형의 케이싱 내에 약간 편심이 주어진 회전하는 원통형의 회전체가 설치된 것이 키폰트라 할 수 있다.

④ 이러한 기계장치를 이용하여 최대입경 15mm, 흡수율 5.4%, 시멘트 부착율 13%의 콘크리트 덩어리를 파쇄한 결과, JIS 규격의 콘크리트용 쇄석과 동등한 흡수율인 3% 이하의 골재가 얻어질 수 있다.

⑤ 잔골재에 대해서는 굵은 골재에 비하여 다소 시간이 걸리고 風力으로 선별해야 한다. 잔골재의 분리효과는 회전드럼의 회전수, 드럼내의 구조, 드럼내에 들어있는 불이나 로드의 조건, 재료의 반입속도에 따라 변화게 된다.

⑥ 모래의 경우에 입경 0.15~5mm, 흡수율 8%, 시멘트부착율 18%의 재료를 이용한 실험에서 JIS규격의 콘크리트용 깬모래와 동등한

품질을 갖는 흡수율 4% 정도의 잔골재가 만들어지게 된다.

지금까지 콘크리트폐재의 유효이용으로 노반이나 성토재료로 이용하는 사례가 가장 많았지만, 대개는 폐기처분되곤 하였다. 그러나 처분비용과 골재비용을 생각할 때 효과적인 재생방법을 개발한다면 훨씬 경제적으로 콘크리트폐재를 재활용할 수 있게 되는 것이다.

〈土木施工, Vol. 31, No. 12, 1990〉

轉壓콘크리트鋪裝 기술지침(案)

— (社)日本道路協會에서 발간 —

콘크리트포장은 아직까지는 도로포장에서 큰 점유율을 나타내고 있지는 않지만, 차량하중이 점점 커지고 포장의 보수비가 크게 증가하면서 내구성면에서 뛰어난 콘크리트포장이 확대일로에 있다. 그러나 콘크리트포장은 대형 시공기계가 필요하고 양생기간이 길기 때문에 주로 신설도로나 고속도로에 많이 채용되고 있다.

轉壓콘크리트포장은 된비빔콘크리트를 아스팔트피니셔등으로 부설하여 롤러로 轉壓하면서 다지는 콘크리트포장으로 RCCP(Roller Compacted Pavement)라 불리운다.

轉壓콘크리트포장은 지금까지의 콘크리트포장에 비하여 시공속도가 빠르고 형틀이 필요 없다. 또 초기재령시의 하중지지력이 크기 때문에 조기에 교통소통이 가능하며 건조수축이 작기 때문에 이음부의 간격을 길게 할 수 있는 특징이 있다. 이러한 성질을 가지고 콘크리트포장 본래의 성질을 지녀, 아스팔트포장 보다 내구성면에서 훨씬 월등하다.

이제까지 콘크리트포장의 결점을 극복하는

공법으로 주목받기 시작하면서, 일본에서만도 1987년부터 1989년까지 3년 동안 약 100건, 면적으로는 약 25만 m^2 의 시공실적을 기록하고 있고, 해마다 시공량이 점점 증가되고 있다.

이러한 배경하에서 轉壓콘크리트포장의 보급과 확대를 위해 기술지침(案)이 1990년 10월에 (社)日本道路協會에서 발간하게 되었다. 이 지침안의 구성은 <표 2>와 같이 되어 있다.

<표 2> 轉壓콘크리트鋪裝
기술지침(案)의 구성

- | |
|---------------------------------------|
| 1 장 총설 |
| 개설/적용상의 주의 |
| 2 장 轉壓콘크리트포장의 구조 |
| 개설/포장의 구성/포장의 구조 |
| 3 장 재료 |
| 개설/轉壓콘크리트에 이용되는 재료/ |
| 기타 재료 |
| 4 장 轉壓콘크리트의 배합 |
| 개설/배합조건/배합설계/배합표 |
| 5 장 시공 |
| 개설/시공계획/시공기계/시공순서 |
| 6 장 관리와 검사 |
| 개설/기준시험/품질관리/검사 |
| 부록 용어집/轉壓콘크리트 배합설계에/
각종 물성의 시험방법 등 |

(土木技術資料 Vol. 32, No. 11, 1990)

노후된 교량을 신소재로 보강

—FRP를 이용한 아웃사이드
케이בל방식 채택으로—

섬유강화플라스틱(FRP)는 수명이 길고, 가

볍고 강하며, 부식이 일어나지 않는 등의 특징이 있다. 토목·건축분야에서는 아직 부분적으로 사용되고는 있으나 개발의 여지가 많이 남아있다고 할 수 있다. 최근에 이 FRP에 아라미드섬유나 탄소섬유를 보강한 AFRP, CFRP의 구조용 棒材가 개발되고 있는데, 이러한 신소재를 이용하여 아웃케이בל방식으로 프리스트레스를 도입한 프리스트레스트콘크리트 부재가 개발되어 주목을 받고 있다.

아웃케이בל방식은 보의 바깥쪽에 긴장재를 배치하여 프리스트레스를 도입하는 방식. 이러한 시스템의 이점은 보의 단면을 줄일 수 있고 구조물의 경량화가 가능해진다는 것이다. 그리고 콘크리트 단면 내부에 시스가 필요없으므로 충분한 다짐이 쉬워진다. 이러한 장점 외에도 기존의 구조물을 보강하는데도 아웃케이בל방식이 사용될 수 있는데, 노후된 교량이나 수조 등의 보강에 이용한다면 간단하게 구조물을 보강시킬 수 있게 된다.

설계기준강도 700kgf/cm²의 고강도콘크리트를 타설

日本の 第一시멘트(株)와 大成建設(株)는 설계기준강도 700kgf/cm²라는 실용화단계에서는 일본에서 최고인 고강도콘크리트를 공동 개발하여 현장 타설에 성공하였다. 지난 10월에 공개 시공을 한 이번 공사는 第一시멘트 相模原工場の 개수공사에 사용되었는데, 건축 기초부분, 기둥, 벽 등에 1,200 m^3 정도가 타설되었다.

이번에 사용된 고강도콘크리트는 第一시멘트가 개발한 고강도·고내구성의 고로시멘트인 「슈퍼고로」가 이용되었다. 「슈퍼고로」는 아주 미세한 분말의 고로수쇄슬래그를 주재료로

하여 보통포틀랜드시멘트를 6할 정도 혼합한 것으로 비표면적이 약 8,000cm²/g까지의 미세한 분말이다. 이 개발품은 고강도 발현 뿐만 아니라 알칼리골재반응의 억제효과, 耐海水性, 耐藥品性 등에도 우수한 효과를 나타내고 있다고 한다.

이번에 시공한 고강도콘크리트의 시공성은 보통포틀랜드시멘트의 경우와 거의 동등하며, 특히 초기단계부터 고강도를 발현시켜 재령 7일에 압축강도가 700kgf/cm²를 돌파하게 된다는 것. 또 재령 28일에서 코어를 채취하여 시험한 결과 공시체 강도가 평균 820kgf/cm²에 이르렀다고 한다.

고강도콘크리트를 사용하면 건축물의 기둥 단면을 보통콘크리트 사용시 보다 70~80%로 줄일 수 있기 때문에 건물의 유효공간이 넓어지고 전체적으로 구조물의 중량을 줄일 수 있게 된다.

日本에서는 建設省總合프로젝트 「New RC」 중에는 콘크리트 압축강도 $f_c=600\sim 1,200\text{kgf/cm}^2$ 와 고강도철근을 사용하여 새로운 초고층 RC조를 官學民이 일체가 되어 개발중이다. 그래서 日本에서는 최근에 50~60층 정도의 초고층 RC조 건축물에 압축강도 700~1,000kgf/cm²의 초고강도콘크리트를 사용하는 연구가 집중되고 있고, 이와 관련된 다양한 연구결과와 현장타설시험 및 실용화사례가 보고되고 있다.

〈セメント・コンクリート, No. 525, 1990〉

日本 鹿島建設(株)는 CFRC 분야에서는 세계에서도 선두주자로 나서고 있는데, 이번에 BCT·UBE프로젝트의 B동(지상 23층)의 바닥쪽 전면(약 1,500m²)의 커텐월에 CFRC를 대량으로 채용하게 된 것이다.

CFRC의 최초의 대규모 적용사례는 이라크의 바그다드시에 건설된 기념건축물의 돔형상의 외장용에 10,000m²가 사용되었는데 이때의 비중은 1.0이었다. 또 東京赤坂에 건설된 ARK 빌딩(지상 37층)의 커텐월에 폭 1.47m 높이 3.76m, 중량 약 1톤으로 耐風壓力 630kgf/m², 외벽내화성능이 1시간인 비중 1.3의 CFRC를 사용한 것이다. 이 재료의 사용으로 종래의 경량 1종콘크리트(비중 1.85)제 커텐월을 사용한 경우에 비하여 외벽중량을 60% 감소시킬 있었으며 지진하중에서도 12%의 감소가 가능하였다고 한다.

同社가 有澤製作所와 개발한 「3D-FRC」는 탄소섬유의 연속장섬유를 격자모양의 입체형상으로 만든 것으로, 경량일 뿐만 아니라 부식·산화도 일어나지 않고 피치 간격을 적절히 조절할 수 있어 각종 건축부재의 응력상태에 적합한 제품을 만들 수 있다는 것이다. 이번에 채용된 CFRC는 종래의 프리캐스트콘크리스트에 비하여 1/2의 중량을 가지며 작업성도 우수하고 특히 건물의 경량화로 연약지반상에 건축하기에 적합하다는 것. 가격은 콘크리트커텐월 보다는 높고, 알루미늄커텐월 보다는 값이 싸다. 同社는 앞으로 3D-FRC를 고강도, 경량, 내구성을 요구하는 초고층빌딩 외벽재로 적극적으로 사용할 계획인데, 기둥, 보, 바닥재 등의 주요한 구조부재에 적용하는 방안도 집중적으로 연구하고 있다.

〈工業材料(日), Vol. 38, no. 13, pp. 110-114, 1990〉

탄소섬유보강콘크리트(CFRC)를 건물 외벽에 대량으로 채용

住友시멘트 FA化를 적극추진

—노동생산성 30% 향상을 목표로—

日本 住友시멘트는 올해 3월말까지 아고우(赤穂)공장의 3호 킬른계(年産 2백 5십만톤)의 FA(Factory Automation)化를 완료할 예정이다. 3호 킬른계는 전 공장의 모델 킬른으로서 FA化를 진행하는 것으로, 그 성과에 따라 4월 부터 아고우 1호 킬른계(年産 백5십만톤)의 FA化에 착수, 田村, 板木 등의 다른 공장에도 FA化를 전개할 방침이다. FA化의 추진에 따라 공장 종업원 1인당 노동생산성은 현재보다 30% 상승하여 年間 1만 5천톤 이상으로 높아질 것으로 예상하고 있다. 또 에너지 절감이라든가 품질의 안정도 확보되어 업계 톱클래스의 경쟁력을 갖게 될 것이라 한다.

<日刊工業新聞(日本) 1991. 1. 7>

시멘트슬러리 믹싱플랜트의 새 모델 개발

—무공해로 조작성 간단하여 도시
토목공사에 위력 발휘 기대—

특수토목관련 기술개발 메이커인 아사히 工機는 定置式 全密閉自動洗淨의 「시멘트슬러리 믹싱플랜트」의 새로운 타입을 개발 住商機電販賣를 통하여 본격적으로 판매를 개시하였다. 이 플랜트는 同社가 이미 개발하여 시험적인 시공을 통하여 토목기술자들에게서 획기적인

플랜트란 호평을 받았다.

신제품의 특징을 보면 ① 6각 믹싱조에서 내부에 baffle plate가 없고, ② 저속회전, 대형 회전날에 의한 강력교반, ③ 전밀폐식을 위한 방진대책 완비, ④ 믹서 槽內를 대량의 고압수를 분사하는 셀프워싱(self washing)으로 메인 터너스를 실현, ⑤ 농도가 높은 슬러리의 교반 가능 등의 이점을 갖고 있다.

섬유보강콘크리트에 의한 도로포장

미국 유타주의 솔트레이크시의 북측에 있는 인구 약 3만명의 소도시인 Bountiful이 있다. 록키산맥에 인접한 수려한 풍경을 자랑하는 이 소도시의 남북을 주파하는 도로는 아스팔트 도로로 되어있는데, 지금까지 반복해서 아스팔트 포장을 하다보니 어떤 곳은 두께가 45cm에 달하게 되었다. 이렇게 두께가 문제가 되면서 이제 더 이상의 보수가 곤란하게 되어 차체에 비용문제로 포장방법을 재검토하게 되었다. 많은 교통량, 혹독한 동기의 기상조건, 동결방지를 위한 식염의 살포 등의 조건에서 섬유를 혼입한 콘크리트포장이 채용되게 되었다.

Fibermesh社 제품의 폴리프로필렌섬유는 콘크리트 1m³당 0.89kg씩 배치플랜트에 투입되었다. 폴리프로필렌섬유는 수축균열을 최대한 억제하는 효과가 있을 뿐만아니라 콘크리트의 내충격성의 증대, 투수성의 감소와 염수의 침입에 대한 강력한 저항성을 가지고 있다. Bountiful시의 포장공사에 총량 7,600m³의 280kgf/cm²의 섬유보강콘크리트가 시공되었다.

<Concr Products Vol. 93, no. 7, pp. 31, 1990>

미국 콘크리트 메이커「Smith-Midland」社の 多角化 방안

미국 Smith-Midland社는 1960년에 설립되었는데 주로 농업용 콘크리트제품의 제조판매업체로 1989년의 매출고는 100억원 정도라 한다.

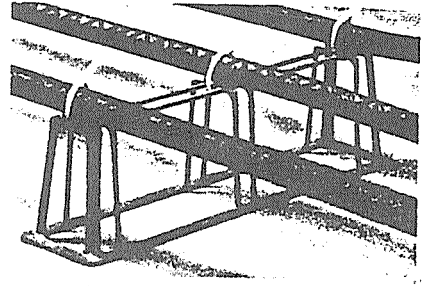
同社の 경영이념의 하나는 “多角化”인데 同社の 경우는 제품의 다각화 보다는 판로의 다각화에 중점을 두고 있다. 처음 시작할 때는 농업용을 중심으로 하였으나 지금은 도로, 건축, 통신, 방음벽 등의 제품의 판매에도 상당한 관심을 쏟고 있다. 그래서 다른 메이커들의 매출고는 다른 해와 큰 변동이 없었지만 이 회사는 해마다 매출고가 급증하고 있다. 또 최근에는 회사내에 R&D팀을 만들어 18개월을 목표로 신제품 개발에 박차를 가하고 있다.

同社가 개발한 고속도로등의 소음을 차단하는 방음벽은 특허를 획득하였고, 미국 16개 주의 교통국의 인가를 얻었으며 지금은 同社の 매출고의 40%를 점하기에 이르렀다는 것. Sierra Wall이라는 이 패널은 두께 10cm, 폭 3.6m, 높이 4.3~7.9m의 방음벽인데 상당한 인기를 얻고 있다고 한다.

(Concrete Products Vol. 93, no. 7, pp. 26-28, 1990)

철근조립용 플라스틱 꺾목

폐합성수지를 이용하여 만든 이 플라스틱 꺾목(〈사진 1〉)은 슬래브 등에서 철근조립시에 꺾목으로 사용할 수 있는 것으로, 녹이 쓸지 않으며 나일론 끈으로 간단히 조립할 수 있도록 되어 있어 철근의 배근과 조립에서 시공속도가 향상될 수 있다고 한다.



〈사진 1〉 플라스틱 꺾목

〈자료 : Engineered Construction Products Corp., P. O. Box 6144, Clearwater, FL34618 (800-622-2944 : in FL : 813-443-7620), USA〉

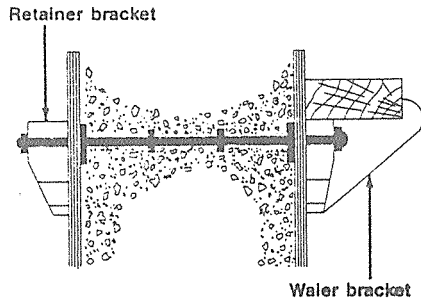
플라스틱형틀 Tie System

美國 Monowi Mfg. Co.는 플라스틱타이를 사용하여 형틀작업에서 인력을 40% 까지 절약할 수 있는 형틀시스템을 개발하였다. 이 시스템에 필요한 것은 3/4인치의 BB합판과 2×4waler, 그리고 해머만 있으면 충분하다. 형틀시스템의 개요는 〈그림 2〉와 같이 한쪽에는 waler bracket, 다른 쪽 면에는 Retainer Bracket으로 Tie를 지지시키고 있다. 여기서 Bracket은 수평과 수직으로 waler를 고정시키는 역할을 한다.

이 형틀시스템에 사용되는 Tie는 플라스틱을 사용하는데 비전도성과 부식성이 없고 인장강도가 6,000파운드 정도의 강도이면 사용 가능

하다. 형틀을 해체할 때는 해머를 사용하여 간단하게 분리시킬 수 있다. 이 공법으로는 6~24인치 두께의 콘크리트벽에 적용할 수 있다는 것.

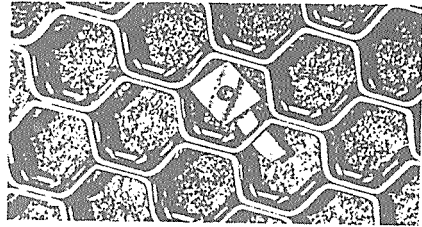
〈자료 : Monowi Mfg. Co., Box 826, Hartington, NE 68739 USA〉



〈그림 2〉 플라스틱타이를 이용한 형틀 시스템

공장바닥의 균열저항용으로 사용할 강제 그리드

美國 IKG社(270 Terminal Ave., Clark, NJ 07066)의 강제그리드는 〈사진 2〉와 같이 6각형의 한변이 2인치인 철제보강그리드로 구성되어 있어 균열에 대한 강력한 저항효과를 발휘할 수 있다. 또한 역학적으로 콘크리트의 파쇄에도 큰 저항효과를 가지고 있어 공장등의 바닥시설이나 무거운 하중이 움직이는 통로에 사용하면 좋다는 것. 이것은 새로 짓는 구조물에 사용할 수도 있지만, 기존의 구조물 바닥에도 설치할 수 있다. 설치시에는 앵커로 고정하고 콘크리트를 채워 넣음으로써 마무리할 수 있는데, 굵은 골재를 많이 사용하는 것이 바람직하다.



〈사진 2〉 강제그리드

〈産業技術情報院 책임연구원 문영호 제공〉